

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/001433

International filing date: 26 January 2005 (26.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-024257
Filing date: 30 January 2004 (30.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 21 April 2005 (21.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

02.03.2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2004年 1月30日

出 願 番 号
Application Number: 特願2004-024257

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

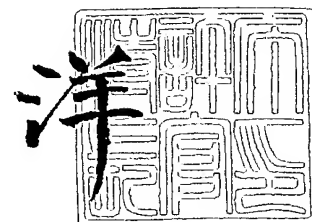
J P 2004-024257

出 願 人
Applicant(s): 住友電気工業株式会社

2005年 4月 7日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願
【整理番号】 1040112
【提出日】 平成16年 1月30日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01F 1/33
H01F 1/22

【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内
【氏名】 久貝 裕一

【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内
【氏名】 五十嵐 直人

【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内
【氏名】 前田 徹

【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内
【氏名】 廣瀬 和弘

【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内
【氏名】 豊田 晴久

【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内
【氏名】 三村 浩二

【発明者】
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内
【氏名】 西岡 隆夫

【特許出願人】
【識別番号】 000002130
【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】
【識別番号】 100064746
【弁理士】
【氏名又は名称】 深見 久郎

【選任した代理人】
【識別番号】 100085132
【弁理士】
【氏名又は名称】 森田 俊雄

【選任した代理人】
【識別番号】 100083703
【弁理士】
【氏名又は名称】 仲村 義平

【選任した代理人】
【識別番号】 100096781
【弁理士】
【氏名又は名称】 堀井 豊
【選任した代理人】
【識別番号】 100098316
【弁理士】
【氏名又は名称】 野田 久登
【選任した代理人】
【識別番号】 100109162
【弁理士】
【氏名又は名称】 酒井 將行
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 008693
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9908053

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

鉄と、酸素とを含む金属磁性粒子を備え、
前記金属磁性粒子に占める前記酸素の割合は、0 を超え 0.05 質量%未満である、軟磁性材料。

【請求項 2】

前記金属磁性粒子の保磁力は、 2.4×10^2 A/m 以下である、請求項 1 に記載の軟磁性材料。

【請求項 3】

前記金属磁性粒子の平均粒径は、 $100 \mu\text{m}$ 以上 $300 \mu\text{m}$ 以下である、請求項 1 または 2 に記載の軟磁性材料。

【請求項 4】

前記金属磁性粒子の粒径の分布は、 $38 \mu\text{m}$ を超える範囲にのみ実質的に存在している、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の軟磁性材料。

【請求項 5】

前記金属磁性粒子と、前記金属磁性粒子の表面を取り囲む絶縁被膜とを含む複数の複合磁性粒子を備える、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の軟磁性材料。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の軟磁性材料を用いて作製された、圧粉磁心。

【請求項 7】

保磁力が 2.0×10^2 A/m 以下である、請求項 6 に記載の圧粉磁心。

【書類名】明細書

【発明の名称】軟磁性材料および圧粉磁心

【技術分野】

【0001】

この発明は、一般的には、軟磁性材料および圧粉磁心に関し、より特定的には、チョークコイルやモータ用鉄心、電磁ソレノイドなどに用いられる軟磁性材料およびその軟磁性材料から作製された圧粉磁心に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、モーターコアやトランスコアなどの電気電子部品において高密度化および小型化が図られており、より精密な制御を小電力で行えることが求められている。このため、これらの電気電子部品の作製に使用される軟磁性材料であって、優れた磁気的特性を有する軟磁性材料の開発が進められている。

【0003】

このような軟磁性材料を用いて作製された圧粉磁心に関して、たとえば、特開平8-269501号公報には、100kHz以下の周波数においても高い交流初透磁率を実現することを目的とした高周波圧粉磁心、高周波圧粉磁心用鉄粉およびこれらの製造方法が開示されている（特許文献1）。特許文献1には、0.05質量%の酸素を含む偏平加工された鉄粉が開示されている。また別に、特開2001-196217号公報には、強度特性が優れ、鉄損や銅損を低減させることを目的とした圧粉磁心の製造方法が開示されている（特許文献2）。

【特許文献1】特開平8-269501号公報

【特許文献2】特開2001-196217号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

これら軟磁性材料を用いて作製された圧粉磁心は、電磁鋼板材を用いて作製された磁心と比較して保磁力が大きいため、ヒステリシス損が増大する。鉄損に占めるヒステリシス損の割合は、低周波領域において特に顕著となるため、100kHzを超える高周波領域では、軟磁性材料が一部で利用されているものの、10kHz以下の低周波領域においては、いまだ電磁鋼板材が多く利用されているのが実情である。

【0005】

そこでこの発明の目的は、上記の課題を解決することであり、適用される周波数にかかわらず、優れた磁気的特性を示す軟磁性材料およびその軟磁性材料から作製される圧粉磁心を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

圧粉磁心の作製に使用される金属磁性粒子の結晶内部に、欠陥または転位などの歪みや不純物相が存在する場合、これらは磁壁移動（磁束変化）の妨げとなるため、圧粉磁心の磁気的特性を低下させる原因となる。この中で欠陥や転位などの歪みは、熱処理を実施することによって低減させることができるが、不純物相は、熱拡散により取り除くことが一般的に困難である。このため、圧粉磁心の磁気的特性は、使用される金属磁性粒子の不純物濃度によって、その上限が決定される。

【0007】

金属磁性粒子が、鉄（Fe）を含む鉄系金属である場合、磁気的特性に特に大きく影響を及ぼす不純物としては、鉄に殆ど固溶することのない物質のほか、鉄との間で非磁性化合物を形成する炭素（C）、窒素（N）、酸素（O）、硫黄（S）およびリン（P）などの物質が考えられる。圧粉磁心の磁気的特性を向上させるためには、これらの物質の濃度を低減させることが必要である。

【0008】

そこで、発明者等が鋭意検討した結果、これらの物質のうち特に酸素が鉄との結合が強く、圧粉磁心の磁気的特性を飛躍的に向上させるためには、金属磁性粒子に占める酸素の割合を適正な範囲に設定することが必要であるとの知見を得た。そして、このような知見から本発明を完成させるに至った。

【0009】

この発明に従った軟磁性材料は、鉄と、酸素とを含む金属磁性粒子を備える。金属磁性粒子に占める酸素の割合は、0を超え0.05質量%未満である。

【0010】

このように構成された軟磁性材料では、金属磁性粒子には、鉄と酸素とが反応して生成される FeO 、 Fe_2O_3 または Fe_3O_4 などの鉄酸化物が含まれる。 FeO および Fe_2O_3 は、非磁性化合物であり、また Fe_3O_4 は、磁性化合物であるが、 Fe と比較して磁束密度が低いため、これら鉄酸化物は、軟磁性材料の磁束密度の低下を招く。

【0011】

しかし、本発明では、金属磁性粒子に占める酸素の割合が、0.05質量%未満に抑えられているため、これら鉄酸化物の割合が低減されている。このため、飽和磁束密度が増加するとともに、金属磁性粒子内で磁壁の移動が容易となり、結果、軟磁性材料の保磁力を低減させることができる。加えて、金属磁性粒子に占める酸素の割合は、還元焼鈍の実施によって低減させることができるため、本発明における軟磁性材料を容易に得ることができる。

【0012】

また好ましくは、金属磁性粒子の保磁力は、 $2.4 \times 10^2 \text{ A/m}$ 以下である。このように構成された軟磁性材料によれば、軟磁性材料のヒステリシス損を十分に低減させることができる。これにより、本発明による軟磁性材料を低周波領域で使用した場合にも、鉄損の増大を効果的に防止することができる。

【0013】

また好ましくは、金属磁性粒子の平均粒径は、 $100 \mu\text{m}$ 以上 $300 \mu\text{m}$ 以下である。このように構成された軟磁性材料によれば、金属磁性粒子の平均粒径を $100 \mu\text{m}$ 以上にすることによって、金属磁性粒子の全体に占める、表面エネルギーによる応力歪みの割合を小さくすることができる。これにより、軟磁性材料のヒステリシス損を低減させることができる。また、金属磁性粒子の平均粒径を $300 \mu\text{m}$ 以下にすることによって、金属磁性粒子の粒子内渦電流損を低減させることができる。これにより、軟磁性材料の鉄損を低減させることができる。また、本発明による軟磁性材料を用いて加圧成形工程を実施する際、金属磁性粒子同士が噛み合いづらくなることを防止できる。

【0014】

また好ましくは、金属磁性粒子の粒径の分布は、 $38 \mu\text{m}$ を超える範囲にのみ実質的に存在している。このように構成された軟磁性材料では、金属磁性粒子の全体に占める、表面エネルギーによる応力歪みの割合が大きい粒子を強制的に排除している。これにより、軟磁性材料のヒステリシス損をより効果的に低減させることができる。

【0015】

また好ましくは、軟磁性材料は、金属磁性粒子と、金属磁性粒子の表面を取り囲む絶縁被膜とを含む複数の複合磁性粒子を備える。このように構成された軟磁性材料によれば、絶縁被膜を設けることによって、金属磁性粒子間に渦電流が流れるのを抑制することができる。これにより、粒子間渦電流に起因する軟磁性材料の鉄損を低減させることができる。

。

【0016】

この発明に従った圧粉磁心は、上述のいずれかに記載の軟磁性材料を用いて作製された圧粉磁心である。このように構成された圧粉磁心によれば、保磁力が低減された軟磁性材料を用いて作製されているため、特に低周波領域において、圧粉磁心の鉄損を低減させることができる。

【0017】

また好ましくは、圧粉磁心の保磁力は、 2.0×10^2 A/m以下である。このように構成された圧粉磁心によれば、低周波領域においても圧粉磁心の鉄損を十分に低減させることができ、適用される周波数にかかわらず軟磁性材料を用いて作製された圧粉磁心を利用することができる。

【発明の効果】

【0018】

以上説明したように、この発明に従えば、適用される周波数にかかわらず、優れた磁気的特性を示す軟磁性材料およびその軟磁性材料から作製される圧粉磁心を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

この発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0020】

図1は、この発明の実施の形態における軟磁性材料を用いて作製された圧粉磁心を示す模式図である。図1を参照して、軟磁性材料は、金属磁性粒子10と、金属磁性粒子10の表面を取り囲む絶縁被膜20とから構成された複数の複合磁性粒子30を備える。複数の複合磁性粒子30の間には、有機物40が介在している。複数の複合磁性粒子30の各々は、有機物40によって接合されていたり、複合磁性粒子30が有する凹凸の噛み合わせによって接合されている。

【0021】

金属磁性粒子10は、鉄(Fe)を含み、たとえば、鉄(Fe)、鉄(Fe)-シリコン(Si)系合金、鉄(Fe)-窒素(N)系合金、鉄(Fe)-ニッケル(Ni)系合金、鉄(Fe)-炭素(C)系合金、鉄(Fe)-ホウ素(B)系合金、鉄(Fe)-コバルト(Co)系合金、鉄(Fe)-リン(P)系合金、鉄(Fe)-ニッケル(Ni)-コバルト(Co)系合金および鉄(Fe)-アルミニウム(Al)-シリコン(Si)系合金などから形成されている。金属磁性粒子10は、鉄単体であっても鉄系の合金であってもよい。

【0022】

金属磁性粒子10は、さらに酸素(O)を含む。酸素は、金属磁性粒子10の製造工程上において、不可避免的に金属磁性粒子10に混入する。金属磁性粒子10の全体に占める酸素の割合は、0を超え0.05質量%未満である。さらに好ましくは、金属磁性粒子10の全体に占める酸素の割合は、0を超え0.02質量%以下である。このように酸素の割合が低く抑えられた金属磁性粒子10は、金属磁性粒子10に還元焼鈍を実施することによって、容易に得ることができる。

【0023】

金属磁性粒子10に含まれる酸素の割合を測定する場合、まず、複数の金属磁性粒子10の集合体である軟磁性粉末を5gから10gだけ準備する。そして、その軟磁性粉末に対して、誘導結合プラズマ質量分析法(ICP-MS: inductively coupled plasma-mass spectrometry)による組成分析を実施し、酸素の割合を測定する。このようにして測定された酸素の割合を、金属磁性粒子10に含まれる酸素の割合とする。

【0024】

金属磁性粒子10の保磁力は、 2.4×10^2 A/m (=3.0エルステッド)以下であることが好ましい。金属磁性粒子10の保磁力を測定する場合、まず、複数の金属磁性粒子10の集合体である軟磁性粉末を数gだけ準備し、樹脂バインダーを用いてその軟磁性粉末をペレット状に固め、金属磁性粒子10からなる固体片を作製する。その固体片に対して、1(T:テスラ)→-1T→1T→-1Tの磁場を順に印加するとともに、試料振動型磁力計(VSM)を用いてそのときのM(磁化)H(磁界)ループの形状を特定する。そして、このMHループの形状から固体片の保磁力を算出する。このようにして求められた保磁力を、金属磁性粒子10の保磁力とする。

【0025】

金属磁性粒子 10 の平均粒径は、 $100\mu\text{m}$ 以上 $300\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。金属磁性粒子 10 の平均粒径を $100\mu\text{m}$ 以上にするによって、金属磁性粒子 10 の全体に占める、金属磁性粒子 10 の表面エネルギーによる応力歪みの割合を小さくすることができる。この金属磁性粒子 10 の表面エネルギーによる応力歪みとは、金属磁性粒子 10 の表面に存在する歪みや欠陥に起因して発生する応力歪みのことであり、その存在は、磁壁の移動を妨げる原因となる。このため、金属磁性粒子 10 の全体に占めるこの応力歪みの割合を小さくすることによって、軟磁性材料のヒステリシス損を低減させることができる。

【0026】

一方、金属磁性粒子 10 に高周波を印加した場合、表皮効果によって、粒子の表面にのみ磁場が形成され、粒子内部に磁場が形成されない領域が生じる。この粒子内部に生じた磁場が形成されない領域は、金属磁性粒子 10 の鉄損を増大させる。そこで、金属磁性粒子の平均粒径を $300\mu\text{m}$ 以下にするによって、粒子内部で磁場が形成されない領域が生じることを抑制し、これにより鉄損を低減させることができる。

【0027】

なお、ここで言う平均粒径とは、レーザー散乱回折法によって測定した粒径のヒストグラム中、粒径の小さいほうからの質量の和が総質量の 50% に達する粒子の粒径、つまり 50% 粒径 D をいう。

【0028】

金属磁性粒子 10 の粒径は、 $38\mu\text{m}$ を超える範囲にのみ実質的に分布していることが好ましい。つまり、粒径が $38\mu\text{m}$ 以下の粒子を強制的に排除した金属磁性粒子 10 を用いることが好ましい。また、金属磁性粒子 10 の粒径は、 $75\mu\text{m}$ を超える範囲にのみ実質的に分布していることがさらに好ましい。この場合、金属磁性粒子 10 に対して実施する還元焼鈍によって金属磁性粒子 10 の表面に存在する歪みや欠陥を完全に解消できない場合であっても、上述の金属磁性粒子 10 の表面エネルギーに起因して発生するヒステリシス損を十分に低減させることができる。

【0029】

絶縁被膜 20 は、金属磁性粒子 10 をリン酸処理することによって形成されている。また好ましくは、絶縁被膜 20 は、酸化物を含有する。この酸化物を含有する絶縁被膜 20 としては、リンと鉄とを含むリン酸鉄の他、リン酸マンガン、リン酸亜鉛、リン酸カルシウム、リン酸アルミニウム、酸化シリコン、酸化チタン、酸化アルミニウムまたは酸化ジルコニウムなどの酸化物絶縁体を使用することができる。

【0030】

絶縁被膜 20 は、金属磁性粒子 10 間の絶縁層として機能する。金属磁性粒子 10 を絶縁被膜 20 で覆うことによって、圧粉磁心の電気抵抗率 ρ を大きくすることができる。これにより、金属磁性粒子 10 間に渦電流が流れるのを抑制して、渦電流に起因する鉄損を低減させることができる。

【0031】

絶縁被膜 20 の厚みは、 $0.005\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。絶縁被膜 20 の厚みを $0.005\mu\text{m}$ 以上とすることによって、粒子間渦電流によるエネルギー損失を効果的に抑制することができる。また、絶縁被膜 20 の厚みを $20\mu\text{m}$ 以下とすることによって、全体に占める絶縁被膜 20 の割合が大きくなりすぎることを防止できる。これにより、圧粉磁心の磁束密度が著しく低下することを防止できる。

【0032】

有機物 40 としては、熱可塑性ポリイミド、熱可塑性ポリアミド、熱可塑性ポリアミドイミド、ポリフェニレンサルファイド、ポリアミドイミド、ポリエーテルスルホン、ポリエーテルイミドまたはポリエーテルエーテルケトンなどの熱可塑性樹脂や、高分子量ポリエチレン、全芳香族ポリエステルまたは全芳香族ポリイミドなどの非熱可塑性樹脂や、ステアリン酸亜鉛、ステアリン酸リチウム、ステアリン酸カルシウム、パルミチン酸リチウム、パルミチン酸カルシウム、オレイン酸リチウムおよびオレイン酸カルシウムなどの高

級脂肪酸を用いることができる。また、これらを互いに混合して用いることもできる。

【0033】

有機物 40 は、本実施の形態における軟磁性材料を用いて加圧成形工程を実施する際、複合磁性粒子 30 の間で緩衝材として機能する。これにより、複合磁性粒子 30 同士の接触によって、絶縁被膜 20 が破壊されることを防ぐ。

【0034】

圧粉磁心の全体に対する有機物 40 の割合は、0 を超え 1.0 質量% 以下であることが好ましい。有機物 40 の割合を 1.0 質量% 以下とすることによって、金属磁性粒子 10 の割合を一定以上に確保することができる。これにより、より高い磁束密度の圧粉磁心を得ることができる。

【0035】

この発明の実施の形態における軟磁性材料は、鉄と、酸素とを含む金属磁性粒子 10 を備える。金属磁性粒子 10 に占める酸素の割合は、0 を超え 0.05 質量% 未満である。このような軟磁性材料を用いて作製された圧粉磁心は、 $2.0 \times 10^2 \text{ A/m}$ ($= 2.5$ エルステッド) 以下の保磁力を有する。

【0036】

このように構成された軟磁性材料によれば、金属磁性粒子 10 に占める酸素の割合が 0.05 質量% 未満であるため、金属磁性粒子 10 の内部に存在する FeO や Fe_2O_3 などの鉄酸化物の量を低く抑えることができる。これにより、軟磁性材料の飽和磁束密度を大きくし、保磁力を小さくすることができる。さらに、このような磁気的特性を有する軟磁性材料から圧粉磁心を作製することによって、主にヒステリシス損の低減を通じて圧粉磁心の鉄損を低減させることができる。これにより、たとえば 10 kHz 以下の低周波領域の使用においても、実用的で、かつ優れた磁気的特性を示す圧粉磁心を提供することができる。

【0037】

なお、本実施の形態における軟磁性材料を、チョークコイル、スイッチング電源素子および磁気ヘッドなどの電子部品、各種モータ部品、自動車用ソレノイド、各種磁気センサならびに各種電磁弁などに使用することができる。

【実施例】

【0038】

以下、本発明の具体的な実施例について、詳細に説明する。

【0039】

(実施例 1)

まず、図 1 中の金属磁性粒子 10 となるアトマイズ鉄粉を準備した。レーザー散乱回折法を用いて、アトマイズ鉄粉の粒度分布を測定すると、アトマイズ鉄粉の平均粒径は $200 \mu\text{m}$ であった。次に、アトマイズ鉄粉を、水素およびアルゴンからなる混合気体の雰囲気中に置いて、温度 800°C 、3 時間の条件下で還元焼鈍を行なった。この際、混合気体の全圧 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ ($= 1.0 \text{ atm}$) に対する水素の分圧を $1.01 \times 10^4 \text{ Pa}$ ($= 0.1 \text{ atm}$) から $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ の範囲で変化させた。これにより、含まれる酸素の割合を調整したサンプル 1 から 6 のアトマイズ鉄粉を得た。

【0040】

誘導結合プラズマ質量分析法を用いて、O、C、P および S に関してサンプル 1 から 6 のアトマイズ鉄粉の組成分析を行なった。さらに、これらのアトマイズ鉄粉と樹脂バインダーとを混合してペレット (直径 20 mm 、厚み 5 mm) を作製し、試料振動型磁力計を用いてこのペレットの保磁力を求めた。サンプル 1 から 6 のアトマイズ鉄粉の組成および保磁力を表 1 に示す。また合わせて、ヘガネス社製の絶縁被膜された鉄粉 (商品名「Soma loy 500」) の保磁力を表 1 に示す。

【0041】

【表 1】

アトマイズ鉄粉	O(質量%)	C(質量%)	P(質量%)	S(質量%)	保磁力 (エルステッド)
サンプル 1	0.016	0.001	0.0031	0.003	2.13
サンプル 2	0.019	0.001	0.0031	0.002	2.16
サンプル 3	0.032	0.001	0.0030	0.002	2.61
サンプル 4	0.044	0.001	0.0030	0.002	2.80
サンプル 5	0.049	0.001	0.0032	0.002	2.73
サンプル 6	0.062	0.001	0.0030	0.003	3.04
ヘガネス社製 「Somaloy500」	-	-	-	-	3.60

【0042】

図 2 は、この発明の実施例 1 において、アトマイズ鉄粉に占める酸素の割合と保磁力との関係を示すグラフである。表 1 および図 2 を参照して、還元焼鈍時に使用する混合気体の水素分圧を増加させることにより、アトマイズ鉄粉に占める酸素の割合を低下させることができた。また、酸素の割合が 0.05 質量%未満であるサンプル 1 から 5 のアトマイズ鉄粉において、3.0 エルステッド以下の比較的低い保磁力を得ることができた。

【0043】

次に、濃度が $0.1 \times 10^{-3} \text{ mol/cm}^3$ のリン酸水溶液を 100 cm^3 だけ準備し、そのリン酸水溶液に 50 g のアトマイズ鉄粉を浸した。攪拌機を用いて回転速度 300 rpm、10 分間の条件でリン酸水溶液を攪拌した。水洗によりアトマイズ鉄粉から酸を完全に取り除き、さらにアセトンを用いて洗浄した後、温度 60℃、1 時間の条件で乾燥処理を行なった。これらの工程により、図 1 中の絶縁被膜 20 としてリン酸被膜が形成されたアトマイズ鉄粉を作製した。

【0044】

次に、このアトマイズ鉄粉を面圧 5 ton/cm^2 から 12 ton/cm^2 の条件でプレス成形し、リング状（外径 34 mm、内径 20 mm、厚み 5 mm）の成形体を形成した。成形体の密度は、 7.5 g/cm^3 で一定とした。この成形体に対して、窒素雰囲気中、温度 300℃、1 時間の条件で熱処理を実施することで、表 1 中のサンプル 1 から 6 のアトマイズ鉄粉から形成された圧粉磁心を完成させた。

【0045】

また別に、平均粒径が $90 \mu\text{m}$ であるヘガネス社製の商品名「Somaloy500」を面圧 5 ton/cm^2 から 12 ton/cm^2 の条件でプレス成形し、リング状（外径 34 mm、内径 20 mm、厚み 5 mm）の成形体を形成した。成形体の密度は、 7.5 g/cm^3 で一定とした。この成形体に対して、窒素雰囲気中、温度 300℃、1 時間の条件で熱処理を実施することで、比較のための圧粉磁心を完成させた。

【0046】

次に、作製された圧粉磁心にコイル（1 次巻き数が 300 回、2 次巻き数が 20 回）を設け、磁場を印加することによって、圧粉磁心の磁気的特性の評価を行なった。この際、圧粉磁心の鉄損に関しては、周波数が 1 kHz である磁場を 1.0 T から -1.0 T の範囲で変化させながら印加し、そのときに動作させた BH カーブトレサから得られる BH ループの形状から求めることとした。この評価により得られた圧粉磁心の鉄損、ヒステリシス損係数および渦電流損係数を、用いられたアトマイズ鉄粉ごとに表 2 に示す。図 3 は、この発明の実施例 1 において、アトマイズ鉄粉に占める酸素の割合と鉄損およびヒステリシス損係数との関係を示すグラフである。

【0047】

【表 2】

アトマイズ鉄粉	サンプル1	サンプル2	サンプル3	サンプル4	サンプル5	サンプル6	ヘガネス社製 「Somaloy500」
鉄損 (W/kg)	120.5	117.6	129.4	134.2	130.5	150.3	170.3
ヒステリシス損係数 (mW・s/kg)	82.5	81.6	92.4	94.2	93.5	112.3	116.7
渦電流損係数 (mW・s ² /kg)	0.038	0.036	0.037	0.040	0.037	0.038	0.054

【0048】

表2を参照して分かるように、ヘガネス社製の鉄粉「Somaloy500」を用いた比較用の圧粉磁心では、鉄損、ヒステリシス損係数および渦電流損係数とも、他の結果と比較して大きい値となった。図3を合わせて参照して、酸素の割合を0.05質量%未満としたサンプル1から5のアトマイズ鉄粉を用いた場合、酸素の割合が0.062質量%であるサンプル6のアトマイズ鉄粉を用いた場合と比較して、鉄損およびヒステリシス損係数とも低い値になることを確認できた。またその中でも特に、酸素の割合を0.02質量%以下としたサンプル1および2のアトマイズ鉄粉を用いた場合に、鉄損およびヒステリシス損係数が大幅に小さくなることを確認できた。

【0049】

(実施例2)

続いて、平均粒径が異なるアトマイズ鉄粉（組成は、実施例1におけるサンプル1のアトマイズ鉄粉と同様）を準備し、実施例1と同様の方法を用いてそれぞれのアトマイズ鉄粉の保磁力を測定した。また比較のため、平均粒径が90 μ mであるヘガネス社製の鉄粉「Somaloy500」の保磁力も測定した。測定により得られた保磁力の値を、アトマイズ鉄粉の平均粒径ごとに表3に示す。図4は、この発明の実施例2において、アトマイズ鉄粉の平均粒径と保磁力との関係を示すグラフである。

【0050】

【表 3】

アトマイズ鉄粉 の平均粒径 (μ m)	17.5	55	90.5	128	165	215	275	327.5	90 (ヘガネス社製 「Somaloy500」)
保磁力 (エルステッド)	3.60	2.62	2.38	2.26	2.13	1.87	1.75	1.61	3.60

【0051】

表3を参照して分かるように、ヘガネス社製の鉄粉「Somaloy500」は、他のアトマイズ鉄粉と比較して、保磁力が大きい値となった。図4を合わせて参照して、アトマイズ鉄粉の平均粒径を100 μ m以上とすることによって、比較的低い保磁力が得られることを確認できた。また、アトマイズ鉄粉の平均粒径が大きくなるに従って、保磁力が低減することを確認できた。

【0052】

次に、平均粒径が200 μ mである表1中のサンプル1のアトマイズ鉄粉を篩を用いて分級し、粒径が38 μ m以下の粉末を強制的に排除したアトマイズ鉄粉と、粒径が75 μ m以下の粉末を強制的に排除したアトマイズ鉄粉とを準備した。実施例1と同様の方法を用いて、これら分級したアトマイズ鉄粉と、分級していないアトマイズ鉄粉との保磁力を測定した。測定された保磁力を、ヘガネス社製の鉄粉「Somaloy500」の保磁力と合わ

せて表 4 に示す。

【 0 0 5 3 】

【表 4】

ふるい幅	保磁力(エルステット)
無分級のアトマイズ鉄粉	2.08
38 μm 以下が排除されたアトマイズ鉄粉	1.94
75 μm 以下が排除されたアトマイズ鉄粉	1.83
へが社製「Soma loy500」	3.60

【 0 0 5 4 】

表 4 を参照して、粒径が 3 8 μm 以下の粉末を排除することによって、アトマイズ鉄粉の保磁力を低減できることを確認できた。また、粒径が 7 5 μm 以下の粉末を排除することによって、アトマイズ鉄粉の保磁力をさらに低減できることを確認できた。

【 0 0 5 5 】

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 6 】

【図 1】この発明の実施の形態における軟磁性材料を用いて作製された圧粉磁心を示す模式図である。

【図 2】この発明の実施例 1 において、アトマイズ鉄粉に占める酸素の割合と保磁力との関係を示すグラフである。

【図 3】この発明の実施例 1 において、アトマイズ鉄粉に占める酸素の割合と鉄損およびヒステリシス損係数との関係を示すグラフである。

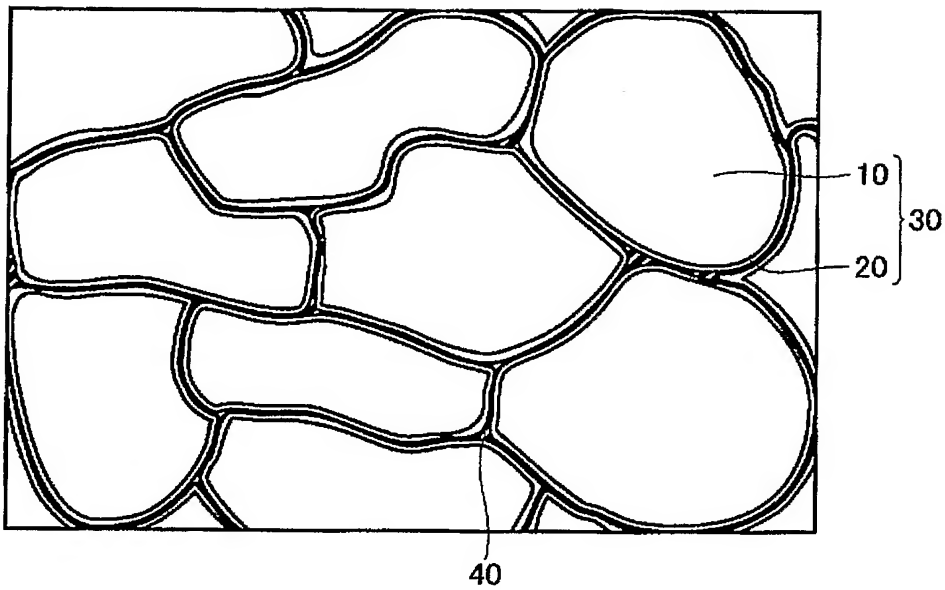
【図 4】この発明の実施例 2 において、アトマイズ鉄粉の平均粒径と保磁力との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

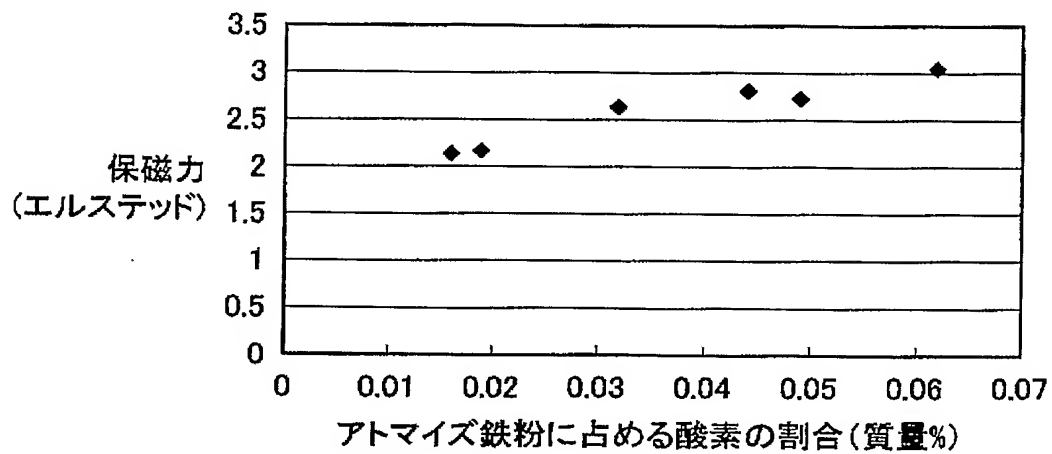
【 0 0 5 7 】

1 0 金属磁性粒子、2 0 絶縁被膜、3 0 複合磁性粒子、4 0 有機物。

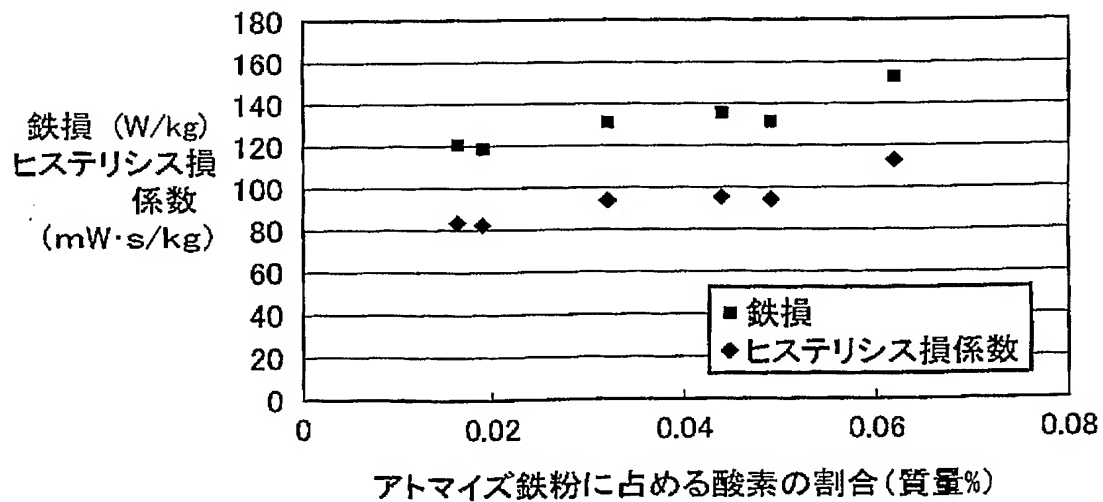
【書類名】 図面
【図 1】



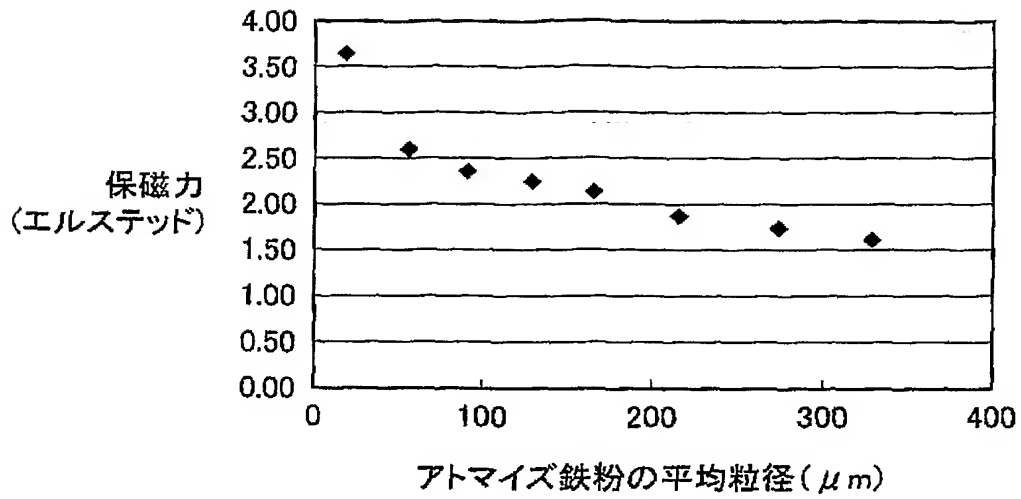
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 適用される周波数にかかわらず、優れた磁気的特性を示す軟磁性材料およびその軟磁性材料から作製される圧粉磁心を提供する。

【解決手段】 軟磁性材料は、鉄と、酸素とを含む金属磁性粒子 10 を備える。金属磁性粒子 10 に占める酸素の割合は、0 を超え 0.05 質量%未満である。このような軟磁性材料を用いて作製された圧粉磁心は、 2.0×10^2 A/m 以下の保磁力を有する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 0 2 4 2 5 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 1 3 0]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名

住友電気工業株式会社